

β -Ga₂O₃ の転位と積層欠陥の X 線トポグラフィによる解析 Observation of Dislocations and Stacking Faults in β -Ga₂O₃ Crystals by X-ray Topography

山口博隆*

産業技術総合研究所

〒305-08568 茨城県つくば市梅園 1-1-1

Hirotaka Yamaguchi*

National Institute of Applied Industrial Science and Technology

1-1-1 Umezono, Tsukuba, Ibaraki 305-08568, Japan

1 はじめに

酸化ガリウムは広いエネルギーバンドギャップと高い絶縁破壊電界をもち、パワーエレクトロニクス素子材料として有望である[1]。そのいくつかの多形のうち、高温安定相で単斜晶系の β -Ga₂O₃ は、融液成長法による結晶成長が可能であることから、良質で大型の電子素子用ウェーハの作製が期待される。一方、これまで研究されてきたシリコンや化合物半導体と違う結晶構造であり、転位などの結晶欠陥の構造や機構はわかっていない。

著者らは、O 副格子の最密充填構造に基づいたすべり面の考察を試みた[2]。また、X 線トポグラフィ法によって、転位などの欠陥観察を行い、欠陥の性質や提案したモデルについて検討を進めてきた。本課題では、積層欠陥の存在を明らかにし、それが同モデルで説明できること[3]や(010)面の機械的加工に対する脆弱性[4]について報告した。

2 実験

試料は Edge-defined film-fed growth (EFG)法によって成長された結晶から切り出されたウェーハで、面方位は ($\bar{2}01$)、(100)、(010)である。X 線トポグラフィ実験は BL-20B および BL-3C の多軸回折計を用いた。波長は 0.10 - 0.16 nm の範囲で選択し、原子核乾板 (Ilford L4) に記録した。

3 ($\bar{2}01$)の積層欠陥 [3]

X 線トポグラフィから、一辺が 50 - 100 μ m 程度の矩形の面状欠陥が観察された。その形状の方位依存性から ($\bar{2}01$)に平行であること、回折ベクトル g に対する可視条件

$$g \cdot f \neq (\text{整数})$$

から、積層欠陥の変位 f はバーガースベクトル $b = \langle 010 \rangle$ から ($\bar{2}01$)面内に派生した部分転位と一致することがわかった。結晶成長過程において、結晶成長方向 (b 軸) を含む ($\bar{2}01$)面内で発生したものと考えられる。

3 脆弱な(010)表面 [4]

ウェーハは単結晶インゴットから切断、研磨加工を経て、最終的に化学機械研磨 (CMP) によって平坦でひずみのない表面に仕上げられる。 β -Ga₂O₃ では、加工ひずみの表面方位依存性があり、(010)面はとくに加工層が深い。そのため、CMP 仕上げ後のウェーハの内部には加工層が、いわゆる潜傷として残留することがある。本研究では、(010)ウェーハを熱処理によって潜傷を完全に除去し、潜傷のない明瞭な転位像を映し出した。

4 まとめ

β -Ga₂O₃ の結晶欠陥は未知な点が多いが、X 線トポグラフィ法や透過型電子顕微鏡観察により、データが蓄積されつつある。また、著者らの初期モデル[2]に該当しない転位も報告されている。今後も継続して研究を進めていく予定である。

謝辞

本研究は、株式会社ノベルクリスタルテクノロジーとの共同研究で行われた。また同社、AGC 株式会社、不二越機械工業株式会社から研究資金を提供いただいた。

References

- [1] M. Higashiwaki and S. Fujita eds., *Gallium Oxide Material Properties, Crystal Growth, and Devices* (Springer Nature, Switzerland, 2020).
- [2] H. Yamaguchi, A. Kuramata and T. Masui, *Superlattices Microstruct.* **99**, 99 (2016); Corrigendum **130**, 232 (2019).
- [3] H. Yamaguchi and A. Kuramata, *J. Appl. Cryst.* **51**, 1372 (2018).
- [4] H. Yamaguchi, S. Watanabe, Y. Yamaoka, K. Koshi and A. Kuramata, *Jpn. J. Appl. Phys.* **59**, 125503 (2020).

* yamaguchi-hr@aist.go.jp